

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学 号: 20051302423

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学  
硕 士 学 位 论 文

红外探测器数据采集、控制及预处理研究  
Study on Data Acquiring, Controlling and Preprocessing for  
Infrared Detector

黄 冠 华

指 导 教 师 : 陈辉煌 教授

洪景新 高工

专 业 名 称 : 信号与信息处理

论文提交日期 : 2008 年 月

论文答辩日期 : 2008 年 月

学位授予日期 : 2008 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2008 年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。  
本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非盈利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在      年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期：

年    月    日

导师签名：

日期：

年    月    日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

红外技术作为一种发现、探测和识别目标的重要手段，此前在军事方面已经有了广泛的应用。近年来，由于非制冷微测辐射热计型红外焦平面阵列的制造技术有了重大突破，使得红外系统的体积变小、重量变轻、价格不断降低，极大地推动了红外系统在民事用途的各个领域中的推广。可以预见，在不久的将来红外系统的民用市场将会有有一个突破性的增长。

我国的红外技术研究起步比较晚，与先进的国家还有较大的差距，因此研究红外技术显得紧迫且有意义。基于此，本文以厦大 985 项目“台湾海峡信息安全技术”为依托，在红外成像系统领域展开了深入的研究。

论文介绍了红外技术的发展、分类以及应用，简要概述了非均匀性校正的算法和 UL03081 型非制冷探测器原理和接口参数。设计了非制冷红外焦平面阵列的直流偏置电路和温控电路。使用 XILINX 公司的 FPGA 设计时序电路，方便了调试过程中电路逻辑的修改。高速并行的 AD9240 负责信号的采样和量化，并利用 FPGA 产生 1394 转换器的接口时序信号，将量化后的红外数据转换成 1394 转换器接口格式并通过该转换器输入微机。选择三点校正法和人工神经网络校正算法在 VC++ 的环境中实现了红外图像的非均匀性校正。论文同时介绍了系统软硬件的调试情况，给出了部分调试结果，并对调试时遇到的一些问题进行了分析。

**关键词：**非制冷探测器；FPGA；非均匀校正

厦门大学博士论文摘要库



## Abstract

Infrared technique is used widely in both military field and civilian field as means of finding, detecting and identifying the targets. The development of infrared focal plane arrays technique promotes the performance of infrared system. Great achievements were achieved in the manufacturing of uncooled microbolometer infrared focal plane arrays. By this technique, infrared system can be made in the formation of small volume, light weight, lower price and being portable. It promotes the utilization of infrared system greatly in all fields. So the techniques of uncooled microbolometer infrared imaging system become one of the main points from now on.

Because the research for infrared technology started relatively late in our country, having some gaps with the world's advanced level, the study in this field is urgent and meaningful. This paper is based on the Xiamen University 985 projects "National Defense Information Security about the Taiwan Strait", and the main point in the study is the field of infrared imaging system. The goal is to achieve real-time infrared image, the display stability.

In this paper, we discussed the application, categories, development and the nonuniformity correction algorithm of infrared focal plane array. The principle and interface parameters of the UL03081 uncooled microbolometer detector are also introduced in details. And the DC bias power circuit for the detector and TEC circuit are designed. The XC2V1000 is used to generate the drive sequencer, so the circuit is miniaturized. Verilog is employed to describe the driving sequencer so that the drive logic is debugged conveniently. Analog signals are sampled by AD9240 that is a high speed and parallel A/D sampling chip. Then the infrared data are converted to 1394 format and transmitted to computer through 1394 converting apparatus. Three-point and artificial Neural Network Algorithm are chosen to correct the nonuniformity at VC++6.0 environment.

Finally, the process of the debugging for system are introduced and the design and debug experiences are summarized in detail.

**Keywords:** Uncooled detector; FPGA; Nonuniformity.

厦门大学博硕士论文摘要库

# 目录

<b>第 1 章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 红外技术发展概述	1
1.2 红外探测器的分类	1
1.2.1 制冷型红外探测器	2
1.2.2 非制冷型红外探测器	2
1.3 红外成像系统的应用	5
1.3.1 军事应用	5
1.3.2 民事应用	6
1.4 论文主要内容及系统方案	7
1.4.1 本文主要内容	7
1.4.2 系统整体方案	8
<b>第 2 章 系统硬件电路设计</b>	<b>11</b>
2.1 非制冷探测器 UL03081 的技术指标	11
2.1.1 UL03081 介绍	11
2.1.2 UL03081 接口参数	12
2.2 直流偏置的设计	13
2.2.1 各种电源之间的比较	13
2.2.2 电源器件的选择及电路的实现	14
2.3 TEC 温控电路设计	17
2.3.1 热电制冷(TEC)的原理	17
2.3.2 焦平面温控电路设计	18
2.4 红外信号预处理电路	21
2.4.1 VIDEO 信号的读取	21
2.4.2 A/D 转换电路	21
2.4.3 电平转换	23
2.5 硬件电路抗干扰措施	24
2.5.1 电路设计中的抗干扰	24
2.5.2 布局布线的抗干扰	25
<b>第 3 章 基于 FPGA 的探测器驱动及 1394 转换器同步信号设计</b>	<b>27</b>
3.1 基于 FPGA 的数字系统设计	27
3.1.1 FPGA 概述	27
3.1.2 FPGA 设计流程	28
3.1.3 Verilog HDL 简介	30
3.2 探测器驱动时序电路设计	错误! 未定义书签。
3.2.1 驱动时序要求	30
3.2.2 驱动时序信号设计方案	32
3.2.3 布线后仿真结果	33

3.3	1394 转换器同步信号设计 .....	35
3.3.1	同步信号要求 .....	35
3.3.2	同步信号设计方案 .....	37
3.3.3	布线后仿真结果 .....	37
3.4	探测器驱动时序与 1394 转换器同步信号的同步 .....	39
第 4 章	红外探测器非均匀性校正 .....	41
4.1	非均匀性产生的原因 .....	41
4.1.1	器件自身的非均匀性 .....	41
4.1.2	器件工作状态引入的非均匀性 .....	41
4.1.3	与外界输入相关的非均匀性 .....	42
4.2	常见的非均匀性校正算法 .....	42
4.2.1	一点校正法 .....	43
4.2.2	两点校正法 .....	43
4.2.3	多点定标分段线性校正 .....	44
4.2.4	时域高通滤波法 .....	45
4.2.5	人工神经网络法 .....	46
4.3	三点校正算法和人工神经网络算法的实现 .....	47
4.3.1	三点校正算法的实现 .....	48
4.3.2	人工神经网络算法的实现 .....	50
第 5 章	系统调试 .....	53
5.1	硬件调试 .....	53
5.1.1	电源调试 .....	53
5.1.2	A/D 模块调试 .....	54
5.2	FPGA 调试 .....	54
5.2.1	添加引脚约束 .....	54
5.2.2	使用 iMPACT 配置 FPGA .....	55
5.2.3	运行测试 .....	57
5.3	软件调试 .....	61
5.4	系统联调 .....	62
第 6 章	总结 .....	65
参考文献	.....	67
致谢	.....	69

# Contents

<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Development of Infrared Technique .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Categories of Infrared Detector.....</b>	<b>1</b>
1.2.1 Cooled Infrared Detector .....	2
1.2.2 Uncooled Infrared Detector .....	2
<b>1.3 Application of Infrared Imaging System .....</b>	<b>5</b>
1.3.1 Military Application.....	5
1.3.2 Civil Application.....	6
<b>1.4 Main Contents and Scheme of This Paper .....</b>	<b>7</b>
1.4.1 Main Contents.....	7
1.4.2 System Scheme .....	8
<b>Chapter 2 Design of System Hardware Circuit .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Specification of Uncooled Detector UL03081 .....</b>	<b>11</b>
2.1.1 Introduction of UL03081 .....	11
2.1.2 Interface Parameters of UL03081 .....	12
<b>2.2 Design of DC Power .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Comparison of Various Power .....	14
2.2.2 Power Chip Choice and Circuit Implement.....	15
<b>2.3 Design of TEC Circuit .....</b>	<b>17</b>
2.3.1 Principle of TEC .....	17
2.3.2 TEC Circuit Implement.....	18
<b>2.4 Preprocessing Circuit for Infrared Signal .....</b>	<b>21</b>
2.4.1 Reading for VIDEO Signal.....	22
2.4.2 Circuit of A/D Conversion .....	22
2.4.3 5V to 3.3V Translator.....	24
<b>2.5 Measures for Anti-noise in Hardware Design .....</b>	<b>25</b>
2.5.1 Anti-noise in Circuit Design .....	25
2.5.2 Anti-noise in Place and Route.....	26
<b>Chapter 3 Design of Sequencer and Synchronous Signal .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Design of Digital System Based on FPGA.....</b>	<b>29</b>
3.1.1 Introduction of FPGA .....	29
3.1.2 Design Flow of FPGA .....	30
3.1.3 Introduction of Verilog HDL .....	32
<b>3.2 Design of Detector Drive Sequencer.....</b>	<b>32</b>
3.2.1 Requirement of Drive Sequencer.....	32
3.2.2 Design Scheme of Drive Sequencer .....	34

3.2.3	Results of Post-route Simulation .....	35
<b>3.3</b>	<b>Design of 1394 Converter Synchronous Signal .....</b>	<b>37</b>
3.3.1	Requirement of Synchronous Signal .....	37
3.3.2	Design Scheme of Synchronous Signal .....	39
3.3.3	Results of Post-route Simulation .....	39
<b>3.4</b>	<b>Synchronization with Sequencer and Synchronous Signal .....</b>	<b>41</b>
<b>Chapter 4</b>	<b>Nonuniformity Correction for Infrared Detector.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Causations of Nonuniformity .....</b>	<b>43</b>
4.1.1	Nonuniformity from the Device Itself .....	43
4.1.2	Nonuniformity from Working Conditions .....	43
4.1.3	Nonuniformity from Input .....	44
<b>4.2</b>	<b>Common Algorithms of Nonuniformity Correction .....</b>	<b>44</b>
4.2.1	One-point Correction .....	45
4.2.2	Two-point Correction .....	45
4.2.3	Multi-point Correction .....	46
4.2.4	Temporal Highpass Filter Correction .....	47
4.2.5	Artificial Neural Network Correction .....	48
<b>4.3</b>	<b>Implementation of Nonuniformity Correction Algorithms.....</b>	<b>49</b>
4.3.1	Implementation of Three-point Algorithms .....	50
4.3.2	Implementation of Artificial Neural Network Algorithms.....	52
<b>Chapter 5</b>	<b>System Debug .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1</b>	<b>Hardware Debug .....</b>	<b>55</b>
5.1.1	Power Debug .....	55
5.1.2	A/D Module Debug .....	56
<b>5.2</b>	<b>FPGA Debug .....</b>	<b>56</b>
5.2.1	Assign Pin Constraints .....	56
5.2.2	Program FPGA Using iMPACT .....	57
5.2.3	Test Results .....	59
<b>5.3</b>	<b>Software Debug .....</b>	<b>63</b>
<b>5.4</b>	<b>System Joint Debug.....</b>	<b>65</b>
<b>Chapter 6</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>67</b>
<b>Reference</b>	<b>.....</b>	<b>69</b>
<b>Acknowledgment</b>	<b>.....</b>	<b>71</b>

## 第1章 绪论

### 1.1 红外技术发展概述

红外辐射是自然界存在的一种最为广泛的电磁波辐射之一，其辐射线占据的电磁波波段为  $0.76\sim 1000\mu\text{m}$ 。它是基于任何物体在绝对零度以上环境中都会产生自身分子和原子的无规则运动并不停地辐射出热能量的特性。分子和原子的运动愈剧烈，辐射的能量愈大，反之，辐射的能量愈小。

1800 年英国物理学家赫胥尔首次发现了物体的红外辐射现象。在第二次世界大战中，德国人用红外变像管作为光电转换器件，研制出了主动式夜视仪和红外通信设备，从而为红外技术的发展奠定了基础<sup>[1]</sup>。

红外探测器是一种对红外辐射敏感的器件，可以把不可见的红外辐射转换为可见或者可测量的信号。自从二十世纪四十年代初德国人研制出硫化铅(PbS)探测器以来，红外探测技术取得了很大的发展，红外探测器广泛地应用于军事与民用的许多领域，而军事技术的需求反过来不断地推动红外探测器技术的发展进步。红外探测器的发展经历了从单元到焦平面阵列的发展历程，在焦平面阵列探测器的发展初期，以碲锡汞(HgCdTe)探测器为代表的低温制冷型探测器占据了主要地位。但是自从 20 世纪 90 年代开始，非制冷焦平面阵列探测器因其相对于低温制冷型探测器所具有的优势，逐渐成为焦平面阵列探测器发展的一个富有生命力的方向<sup>[2]</sup>。

红外热像仪是把不可见的红外辐射转换成可见光图像的装置，它以红外探测器为核心，借助于红外探测器把景物的自身辐射差(热图像)转换为可见光图像，从而把人的视觉范围扩展到红外波段。为了避免大气吸收，红外热成像通常选择  $3\sim 5\mu\text{m}$  或者  $8\sim 12\mu\text{m}$  的大气窗口，由于  $25^\circ\text{C}$  时物体在  $8\sim 12\mu\text{m}$  波段发射的红外辐射量约是  $3\sim 5\mu\text{m}$  波段的 50 倍，故而  $8\sim 12\mu\text{m}$  长波波段更适合夜视应用<sup>[3]</sup>。

### 1.2 红外探测器的分类

红外探测器是红外热成像系统的核心部分，按制冷方式的不同可分为制冷型红外探测器和非制冷型红外探测器。下面简要介绍两种探测器各自的特点。

### 1.2.1 制冷型红外探测器

低温制冷型热像仪探测器属于光子探测器,即依赖入射红外光子在探测器中激发的光生载流子,定向生成的光生电荷产生正比于入射红外辐射通量的电信号。它在探测性能指标上要领先于非制冷探测器,但是当焦平面阵列工作在较高的温度下时,探测器材料固有的热激发迅速增强,而暗电流和噪声的增大会严重降低探测器的性能,故它的工作温度通常低于 200K,需要昂贵的低温制冷器,从而使热像仪制造成本偏高,同时整机工作寿命短,体积、重量、功耗偏大,因此主要用于军事领域。

由于红外探测器是热成像技术的核心,探测器的技术水平决定了热成像的技术水。制冷型红外探测器的发展经历了三个阶段,相应的红外热成像技术的发展也经历了三代。

第一代制冷型红外热像仪的特征:使用 HgCdTe 体材料,多元线列或小面阵探测器,复杂的光机扫描机构,中、小规模集成电路,简单的信号处理,热图像的对象最多与黑白电视图像相当。典型例子:英国的 SPRITE 探测器为核心的通用组件热像仪。

第二代制冷型红外热像仪的特征:使用 HgCdTe 体材料和薄膜材料,长线列或以达到与黑白电视图像像素相当的凝视 FPA,有一定信号处理功能的大规模集成读出电路,简单的光机扫描机构,与第一代相比作用距离和空间分辨率有明显的高。典型例子:采用法国 SOFRADIR 长波 HgCdTe $288\times 4$  扫描型 FPA 的热像仪<sup>[4]</sup>。

第三代制冷型红外热像仪的特征<sup>[5]</sup>:使用 HgCdTe 薄膜材料,长线列或可达与高清晰度电视图像像素相当的凝视 FPA,有复杂信号处理功能的超大规模集成出电路,简单的光机扫描机构或无扫描机构,热图像的画质达到了高清晰度电视像的水平。在与第二代热像仪大致相同的条件下,作用距离和空间分辨率比第二有明显的提高。典型例子:美国 Santa Barbara 研究中心的 InSb $1024\times 1024$  凝视 FPA 热像仪。

### 1.2.2 非制冷型红外探测器

与制冷型探测器相比,由于非制冷型红外探测器具有室温工作、无需制冷、光谱响应与波长无关、制备工艺相对简单、成本低、体积小巧、易于使用、维护和可靠性好等优点,因此形成了一个新的富有生命力的发展方向,其目的是以更



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库